

CONTART 2018: VII Convención de la Edificación
30 mayo - 1 junio 2018; Zaragoza (Spain); Colegio Oficial de
Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela
Universitaria Politécnica de La Almunia, p.948-957

092

COORDINACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DE UN PROYECTO DE DISEÑO BIM

SANTAMARTA MARTÍNEZ, JAIME
ACCIONA Ingeniería S.A., Alcobendas, España
E-mail: jaime.santamarta.martinez@acciona.com,
Web: <http://www.acciona-ingenieria.es/>

PALABRAS CLAVE: incidencias; informes; interferencias; modelos; planificación.

RESUMEN

La irrupción del BIM como nueva metodología para el desarrollo de proyectos de edificación, ha conllevado un cambio sustancial en la manera en la que debe abordarse la coordinación del diseño y el control de calidad del mismo.

Apoyándose en la generación de modelos virtuales tridimensionales, los objetivos que derivan de la creación de un procedimiento de calidad son dos. En primer lugar, el establecimiento de una rutina de control de los recursos BIM disponibles acorde a los requerimientos del cliente: por ejemplo biblioteca de familias o sistemas de codificación. Y por otra parte, el aseguramiento de la calidad del diseño y modelado a partir del análisis de incidencias e interferencias.

En este sentido, tomando como referencia los estándares de la PAS 1192-2:2013, se efectuará una planificación del control de la calidad acorde a la programación de las actividades del proyecto. Sobre ella se fijarán hitos de control que serán condición para poder progresar con el diseño.

Cada usuario (diseñadores y modeladores) será propietario de su propia información y modelo de trabajo. Será el coordinador de disciplina el responsable de llevar a cabo la revisión de calidad de su propia disciplina antes de la emisión en compartido a través del

espacio común de trabajo. Para ello se generarán vistas y “self tests” mediante el software Navisworks de Autodesk, de lo que se emitirán informes de control de incidencias, control de interferencias, revisiones del diseño o verificación y validación.

El BIM Manager será el responsable de llevar a cabo la revisión de calidad del modelo federado a través de “tests” inter-disciplinas, antes de la emisión en publicado en el espacio común de trabajo. Además emitirá los informes de calidad, a los que el Jefe de Proyecto dará su aprobación, en este caso, previo a la emisión en archivado (entrega del proyecto).

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de BIM (modelado y gestión de la información de la construcción) entendido éste como metodología aplicada a los proyectos, intrínsecamente se está uno refiriendo a una mejora en la calidad de los procesos que afectan a todo el ciclo de vida de una infraestructura, bien sea edificatoria o civil.

Si bien los sistemas de aseguramiento de la calidad están muy presentes en el ámbito de la construcción (dícese por ejemplo de la aplicación de la UNE-EN ISO 9001:2015 [1]), el hecho de que cada vez sean más numerosas las exigencias BIM en los pliegos de los proyectos (por ejemplo a través de auditorías internas y externas, requerimiento de inexistencia de interferencias por parte del cliente o mejora de la eficiencia y productividad económica mediante la limitación de revisiones por correcciones), obliga a replantear la manera en la que debe adaptarse el control de la calidad a dicha metodología. Es en este sentido en el que se ha desarrollado un protocolo de trabajo que aborde los siguientes dos objetivos principales: en primer lugar, el establecimiento de una rutina de control de los recursos BIM disponibles, y por otra parte, la definición de un procedimiento para la aplicación de los criterios de calidad tomando como referencia las recomendaciones establecidas en las normativas BIM internacionales.

2. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos fijados, se ha tomado como base documental lo establecido en los estándares británicos de la BS 1192:2007+A2:2016 [2] así como de la PAS 1192-2:2013 [3] publicadas por BSI (British Standard Institution).

De acuerdo con el artículo 9.4 de la PAS 1192-2:2013, resulta fundamental tener en cuenta que la coordinación y el control de calidad deberá llevarse a cabo a lo largo de toda la duración del proyecto, siguiendo una serie de criterios adaptados al uso de la metodología BIM. Estos se describen a continuación.

2.1 Planificación

Partiendo de un primer axioma fundamental de cualquier sistema de calidad, hay que resaltar que resulta esencial una planificación previa al inicio de cualquier otra actividad propia del desarrollo del proyecto. Esta planificación de actividades, que engloba todas las tareas normalmente desarrolladas en un proyecto tradicional, incluirá además las tareas que exige la aplicación de la metodología BIM así como los hitos de control de la calidad.

Nota: Los acrónimos utilizados se corresponden con las denominaciones en inglés.

Estos hitos de control serán condición *sine qua non* para poder progresar con el diseño, de modo que a la entrega final del proyecto, se deberá verificar, validar y aprobar el mismo, para lo cual se habrán de haber cumplimentado las fichas de calidad de planificación, revisión del diseño y verificación y validación.

Esta planificación será conocida por todos los agentes del proyecto y deberá ser de obligado cumplimiento, quedando recogida en el BEP (plan de ejecución BIM) a través de los documentos TIDP (planificación de la entrega de documentación propia de las actividades de cada disciplina del proyecto) así como del MIDP (planificación de la entrega de documentación de todas las actividades del proyecto).

En el cronograma de trabajos se distinguirán las siguientes fases e hitos esenciales para que el control de calidad acompañe de manera constante al desarrollo del proyecto desde su inicio:

1. Fase de coordinación y control del modelado.
2. Hito de coordinación de disciplinas.
3. Fase de coordinación y control de la salida de resultados.
4. Hito de control de calidad de entregables.

Ello quedará reflejado en el TIDP de cada disciplina, siendo responsabilidad del coordinador de la misma su actualización a lo largo del desarrollo del proyecto, y también en el MIDP (Figura 1) que será actualizado por el BIM Manager de acuerdo a las actualizaciones que puedan sufrir los TIDP de cada disciplina.

The image shows a screenshot of a software interface, likely a project management tool, displaying a Gantt chart. The chart is titled 'Acciona' and shows a timeline with various tasks and their durations. The tasks are organized into columns representing different phases or milestones. The interface includes a header with the project name 'Acciona' and a list of tasks on the left side. The tasks are listed in a table format, with columns for task name, duration, and start/end dates. The Gantt chart visualizes these tasks as horizontal bars, showing their relative timing and dependencies. The chart is divided into several sections, each representing a different phase of the project. The tasks are color-coded and labeled with codes, making it easy to track progress and identify critical paths.

Figura 1: Ejemplo de MIDP (fuente: Acciona Ingeniería).

2.2 Plan de ejecución BIM

Previo al inicio del proyecto, el BIM Project Manager generará el documento BEP en el que se define la manera en la que se desarrollará el modelado así como la forma en la que se procesará la información y la salida de resultados del propio modelo. Este plan será específico para cada uno de los proyectos y reflejará por tanto los requerimientos del cliente siendo en sí mismo, un documento para el control de la calidad que complementará el procedimiento de calidad.

El BEP recogerá como mínimo las cuestiones que se detallan a continuación:

1. Características del proyecto.
2. Objetivos, usos y flujos de trabajo.
3. Estándares y variaciones de los mismos.
4. Software a emplear e interoperabilidad entre los distintos programas.
5. Organigrama del equipo de trabajo (roles y responsabilidades).
6. Cronograma de trabajo y calendario de revisiones, reuniones del proyecto y determinación de las fechas de entrega parciales y final.
7. Definición del sistema de coordenadas para todos los ficheros BIM.
8. División de los modelos, propiedad y permisos.
9. Proceso de chequeo y validación (control de calidad).
10. Protocolos de comunicación y compartición de la información.
11. Coordinación de las actividades.

2.3 Trabajo colaborativo

Los procesos de colaboración se basan en la puesta en marcha de un CDE (espacio común de trabajo) acorde a la definida en los estándares de la BS 1192:2007+A2:2016 donde se diferencian las cuatro etapas de producción de la información: WIP (trabajo), COMPARTIDO, PUBLICADO y ARCHIVADO (Figura 2).

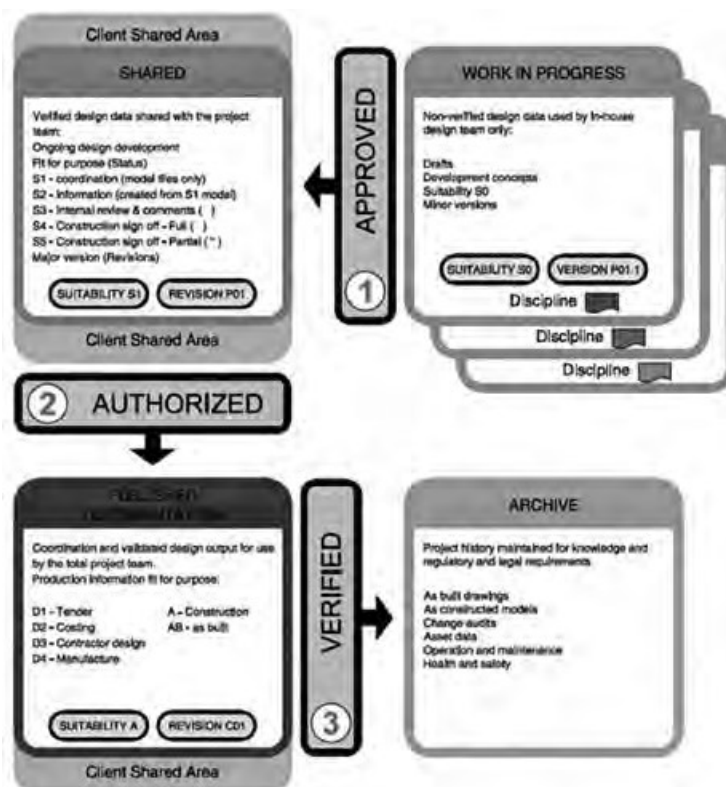


Figura 2: Flujo de trabajo colaborativo (fuente: PAS 1192-2:2013).

El modelo de cooperación avanzada establece una estrategia de colaboración en el que los distintos agentes tienen acceso a la información, la cual debe haber sido verificada y aprobada mediante un flujo activo y medidas interactivas entre todas las partes. Se busca por consiguiente, garantizar la trazabilidad, la actualización, la codificación y la no duplicidad de la información. De este modo, la comunicación y coordinación entre las distintas disciplinas permitirán la anticipación de problemas y posibles interferencias.

Cada usuario (diseñadores y modeladores) será propietario de su propia información y modelo de trabajo WIP. Será el coordinador de disciplina el responsable de llevar a cabo la revisión de calidad (self tests) antes de la emisión en COMPARTIDO a través del CDE, después de lo cual se procederá a efectuar la revisión de calidad del modelo federado (tests) por parte del BIM Manager.

En lo relativo a control de los recursos, estos estarán disponibles para consulta y utilización por parte de todo el equipo humano del proyecto. Sin embargo, la edición de los mismos estará restringida bajo permisos controlados por el departamento TIC responsable. La tabla de permisos asignados estará visible en una carpeta de red, y se incluirá como información de consulta dentro del BEP. Así, todo recurso BIM editado fuera de ésta y no archivado, se considerará que no ha sido revisado ni aprobado para su uso general en los trabajos BIM.

A la finalización de cada proyecto se examinarán los nuevos recursos generados para proceder a su validación y archivo en la unidad de red BIM.

Añadir a lo anterior, que se llevará a cabo un riguroso sistema de codificación de los recursos (Figura 3). Aunque ésta normalmente dará respuesta a lo establecido por el departamento de calidad de cada empresa, se recomienda que se ajuste a los sistemas internacionales de codificación, lo cual en el caso que nos ocupa da respuesta al artículo 5.4.3 de los estándares de la BS 1192:2007+A2:2016 y a los criterios Uniclass 2015 [4].



Número de tabla: 10		Título de tabla: CODIFICACIÓN DE FICHEROS						acciona ingeniería	
CÓDIGO PROYECTO	CÓDIGO AUTOR	CÓDIGO VOLUMEN	CÓDIGO NIVEL/LOC	CÓDIGO TIPO	CÓDIGO DISCIPLINA	CÓDIGO NÚMERO	CÓDIGO VERSIÓN		
BRC-	ACC-	TM-	01-	CR-	MGM-	0001-	R00		

Figura 3: Ejemplo de codificación de ficheros (fuente: Acciona Ingeniería).

En la actualidad, existen numerosas plataformas de gestión documental que paulatinamente se están adaptando a la metodología BIM. Con lo que en aquellos casos en los que se recurra a las mismas, la generación y compartición de documentos del proyecto se hará a través de la misma empleando el sistema de permisos establecido y comentado anteriormente.

2.4 Incidencias e interferencias

Para mantener la trazabilidad del control de calidad y de las acciones tomadas, tanto los modelos de coordinación como los informes emitidos (control de incidencias, control de interferencias, revisiones del diseño o verificación y validación) se registrarán en la carpeta de calidad del proyecto (Figura 4).

Si se detecta una interferencia o incidencia que no pueda ser resuelta unilateralmente por

el coordinador de disciplina, se deberá acordar una fecha para una reunión de calidad junto con el resto de coordinadores de disciplina afectados, el BIM Manager y el Jefe de Proyecto. De ésta, se resolverá una acción que dé solución a dicha interferencia o incidencia, y se recogerá en un informe de calidad que será enviado a todos los integrantes del proyecto.

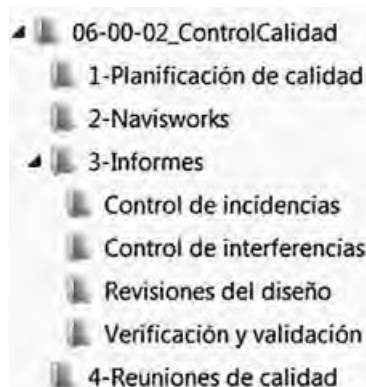


Figura 4. Estructura de carpetas para control de la calidad (fuente: Acciona Ingeniería).

La numeración de revisiones y el control de versiones seguirá el criterio establecido para la codificación de documentos del proyecto.

Tal como se ha comentado anteriormente, el BIM Manager será el responsable de llevar a cabo la revisión de calidad del modelo federado (tests) antes de la emisión en PUBLICADO a través del CDE. Además emitirá los informes de calidad, a los que el Jefe de Proyecto dará su aprobación, en este caso, previo a la emisión en ARCHIVADO a través del CDE (entrega del proyecto).

Los criterios para el control de calidad serán:

1. Empleo de un software que automatice los procesos de control (Navisworks Manage en el caso de estudio que nos ocupa, aunque existen otros como por ejemplo Tekla BIMsight).
2. Control de incidencias del diseño y reporte de las mismas en un informe de vistas y comentarios. El informe se generará en un formato html que recogerá las imágenes de la incidencia, la posición, el código identificador del elemento de modelo (ID) y el código de disciplina (Figura 5).

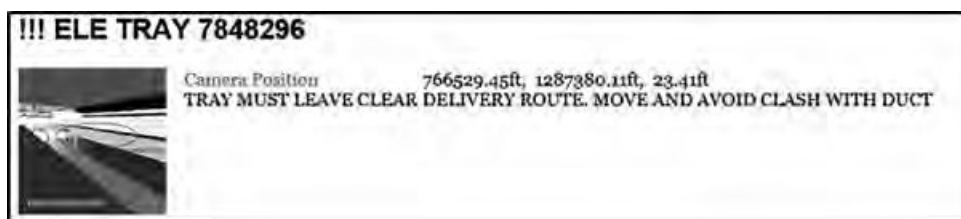


Figura 5. Ejemplo de informe de vistas y comentarios (fuente: Acciona Ingeniería).

3. Control de interferencias y reporte de las mismas en un informe (Figura 6) que se generará en un formato html tabular para todos los estatus (nuevo, activo, revisado, aprobado y resuelto), y recogerá los siguientes datos:

- Resumen.
- Clash point.
- Item ID.
- Status.
- Comentarios.
- Imagen.
- Grupo.
- Localización.

MHV vs FRS		Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status
		0.030m	8	1	0	0	0	7	Hard	Old


Image	Clash Name	Status	Grid Location	Clash Point	Item 1		Item 2	
					Item ID		Item ID	
	Clash5	New	B-16 : BG EXTERNAL GRADE LEVEL (SS)	x:233641.368, y:392395.213, z:7.433	Element ID: 8917840		Element ID: 3776596	

Figura 6. Ejemplo de informe de clashes (fuente: Acciona Ingeniería).

- Se resolverán todas las interferencias que se encuentren por encima de las tolerancias establecidas. Por ejemplo según la casuística del proyecto: 1 mm para “Space Proofings” y “Delivery Routes”, 5 cm para aislamientos de instalaciones y 1 cm para el resto de elementos.
- Las interferencias que se encuentren por debajo de las anteriores tolerancias se deberán revisar y/o aprobar. De este modo, en el modelo de entrega a cliente no deberá contener ningún aviso activo.
- Se efectuarán los self tests por disciplinas teniendo como responsable al coordinador de la misma, y posteriormente los test inter-disciplinas, que según el proyecto del que se trate serán unos u otros. Por ejemplo en el caso de una edificación ordinaria podrían ser los que se indican seguidamente:
 - Test de Arquitectura vs Estructura.
 - Test de Arquitectura vs MEP Electricidad.
 - Test de Arquitectura vs MEP Fontanería.
 - Test de Arquitectura vs MEP Saneamiento.
 - Test de Arquitectura vs MEP HVAC.
 - Test de Arquitectura vs MEP Contra Incendios.
 - Test de Arquitectura vs MEP BACS.
 - Test de Arquitectura vs Estructura.
 - Test de Estructura vs MEP Electricidad.
 - Test de Estructura vs MEP Fontanería.
 - Test de Estructura vs MEP Saneamiento.
 - Test de Estructura vs MEP HVAC.
 - Test de Estructura vs MEP Contra Incendios.
 - Test de Estructura vs MEP BACS.

- Test de “Space Proofings”.
- Test de “Delivery Routes”.
- Los resultados de los test se agruparán por grupos de pertenencia.

2.5 Lecciones aprendidas

Destacar la importancia que tiene la generación de un documento formal de lecciones aprendidas del proyecto, que recogerá una breve descripción del proyecto, la relación de actividades realizadas, las debilidades y medidas correctoras, así como las conclusiones. Este documento debe crearse al inicio de los trabajos e ir actualizándose a medida que surjan debilidades y medidas correctoras, no esperando a la finalización del proyecto.

A la finalización del proyecto el documento de lecciones aprendidas será revisado por el responsable de desarrollo BIM y aprobado por la persona responsable de calidad, momento en el que se archivará en la subcarpeta de calidad de la unidad de red BIM. El responsable de calidad mandará copia al departamento de calidad de la compañía para su evaluación final por el comité técnico. Por último, se llevará un registro de lecciones aprendidas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado visible de la aplicación de este procedimiento, significa un avance sustancial en la calidad de los proyectos de diseño conllevando una notable reducción de los errores y una optimización de los procesos de trabajo.

Atendiendo a estudios recientes, valgan por ejemplo los datos estadísticos que se recogen en la figura 7, se puede visualizar claramente como existe una elevada percepción de los beneficios que reporta el BIM en el desarrollo de los proyectos [5], especialmente en términos de calidad donde se registran índices del 87%.



Figura 7. Beneficios de BIM (fuente: Encuesta Nacional BIM. Universidad de Chile).

Existen numerosos estándares de referencia a nivel internacional sobre los que fijarse a la hora de plantear un flujo de trabajo para el control de la calidad. No obstante, todos ellos en último término persiguen el mismo objetivo haciendo uso de una metodología BIM, que es unívoca y transversal. Estos objetivos radican básicamente en mejorar la calidad en fase de diseño para evitar en posteriores fases del ciclo de vida, tener que llevar a cabo revisiones

y modificaciones que a la postre redundan en un sobrecoste para el cliente final.

El control de la calidad responde a diversos indicadores, cuyos valores o resultados se obtienen generalmente mediante tecnologías que faciliten la labor de automatización. En el caso del procedimiento que nos ocupa, se ha tomado como referencia los estándares de la PAS 1192-2:2013 y el manejo del programa de Autodesk Navisworks al tratarse éste de uno de los más generalizados en su uso. Existen sin embargo otros desarrollos informáticos propios de las empresas o de grandes desarrolladores como pueden ser Tekla BIMsight o Solibri con funcionalidades que facilitan también la consecución del objetivo de mejora de la calidad del diseño.

En este sentido, atendiendo al procedimiento propuesto, la clave radica en el desarrollo exhaustivo y minucioso de una planificación del control de la calidad acorde a la programación de las actividades del proyecto, sobre la que se fijarán hitos de control. Estos hitos de control que serán condición para poder progresar con el diseño alertarán del estado cualitativo del proyecto en función del número de incidencias, número de interferencias, rendimiento y productividad de los equipos de trabajo, número de revisiones y versiones principales y menores que hayan resultado necesarias para alcanzar el estándar de calidad.

Los análisis internos realizados en Acciona Ingeniería vienen a confirmar las ventajas de la aplicación de la metodología BIM y consecuentemente del procedimiento de control de la calidad del diseño. Si bien a priori la curva de esfuerzo y dedicación es mayor (mayor número de horas dedicadas, nuevas tareas y actividades que no se hacían en un proyecto no BIM, nuevos roles implicados en el proyecto), el resultado al final del ciclo de diseño vislumbra una reducción significativa en la dedicación a subsanación de errores, lo que revierte en una amortización de esa mayor dedicación al inicio del proyecto. Las incongruencias debidas a un trabajo no colaborativo o a la falta de uso de tecnologías digitales desaparecen completamente.

4. CONCLUSIONES

BIM es una nueva metodología para el desarrollo de proyectos que si bien internacionalmente lleva aplicándose bastantes años ya, en España está aún por consolidarse. Es en el ámbito de la edificación donde más progresos se han llevado a cabo, aún a pesar de que sigue sin existir una normativa a nivel nacional que unifique criterios y establezca exigencias y protocolos comunes de trabajo.

Son en general las empresas las que a través de protocolos internos, y arrastrados por las demandas de clientes internacionales, así como del estado del arte en cuanto a desarrollo tecnológico de los software se refiere, las que se han lanzado a elaborar procedimientos de flujos de trabajo, incluidos los del control de la calidad. Esto ha conllevado un cambio sustancial en la manera en la que debe abordarse la coordinación del diseño y el susodicho control de calidad del mismo. De manera particular, en el caso de Acciona Ingeniería, la referencia más inspiradora ha sido la establecida por los estándares británicos, lo que ha permitido el desarrollo del procedimiento aquí expuesto, apoyándose en la generación de modelos virtuales tridimensionales.

Las claves para obtener en último término la satisfacción del cliente, es asegurar la calidad a través de una adecuada planificación, el establecimiento de hitos de control, la asignación de los recursos y roles adecuados y la obtención sistematizada de los respectivos informes de calidad y lecciones aprendidas.

En conclusión, la aplicación de un procedimiento de calidad adaptado a la metodología BIM, no deberá asumirse como algo impuesto por una u otra normativa, sino que deberá entenderse como un instrumento que sin lugar a duda facilitará la producción de los proyectos en términos de mayor calidad y eficiencia. Esto además favorecerá en último término la optimización de los procesos encadenados que afectan al ciclo de vida de la edificación.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UNE-EN ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos (ISO 9001:2015). (2015). AENOR.
- [2] BS 1192:2007+A2:2016. Collaborative production of architectural, engineering and construction information—Code of practice. (2007). BSI Standards Limited 2016. (ISBN 9780580928178).
- [3] PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. (2013). BSI Standards Limited 2013. (ISBN 9780580826665).
- [4] NBS BIM Toolkit. Classification. Accedido el 20 de septiembre de 2017, desde <https://toolkit.thenbs.com/articles/classification>
- [5] Encuesta Nacional BIM. Informe de Resultados. (2013). Departamento de Arquitectura, Universidad de Chile.